

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 3**

**Тула  
Издательство ТулГУ  
2022**

Председатель  
Кравченко О.А., д-р техн. наук.  
Первый заместитель председателя  
Воротилин М.С., д-р техн. наук.  
Заместитель председателя  
Прейс В.В., д-р техн. наук, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.  
Ответственный секретарь  
Фомичева О.А., канд. техн. наук, авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

**Члены редакционного совета:**

*Батанина И.А.*, д-р полит. наук –  
гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;  
*Берестнев М.А.*, канд. юрид. наук, доц. –  
гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;  
*Борискин О.И.*, д-р техн. наук –  
гл. редактор серии «Технические науки»;  
*Егоров В.Н.*, канд. пед. наук – гл. редактор серии

«Физическая культура. Спорт»;

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор  
*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
Заместитель главного редактора  
*Сарычев В.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

**Члены редакционной коллегии:**

*Захаров В.Н.*, академик РАН, д-р техн. наук,  
(Институт проблем комплексного освоения недр им.  
академика Н.В. Мельникова Российской академии  
наук, г. Москва);  
*Каплунов Д.Р.*, член-корр. РАН, д-р техн. наук,  
(Институт проблем комплексного освоения недр  
им. академика Н.В. Мельникова Российской акаде-  
мии наук, г. Москва);  
*Клишин В.И.*, член-корр. РАН, д-р техн. наук,  
(Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);  
*Опарин В.Н.*, член-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук,  
(Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН,  
г. Новосибирск);  
*Струков К.И.*, д-р техн. наук, президент (ООО «УК  
ЮГК», г. Челябинск);  
*Рыльникова М.В.*, д-р техн. наук (Институт проблем  
комплексного освоения недр им. академика  
Н.В. Мельникова Российской академии наук,  
г. Москва);  
*Гендлер С.Г.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);  
*Голик В.И.*, д-р техн. наук (Геофизический институт  
Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);  
*Ефимов В.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Заславская О.В.*, д-р пед. наук –  
гл. редактор серии «Педагогика»;  
*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук –  
гл. редактор серии «Науки о Земле»;  
*Понаморева О.Н.*, д-р хим. наук –  
гл. редактор серии «Естественные науки».

**Ответственный секретарь**

*Стась Г.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).  
Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ  
*Копылов А.Б.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

*Жабин А.Б.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);  
*Кавала Р.*, д-р техн. наук (Фрайбергская горная ака-  
демия, Институт материаловедения и изготовления  
материалов, Германия, г. Фрайберг);  
*Казанин О.И.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);  
*Кантович Л.И.*, д-р техн. наук (Национальный ис-  
следовательский технологический университет  
(МИСиС), г. Москва);  
*Козащенко В.И.*, д-р техн. наук (Российский  
государственный университет нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, г. Москва);  
*Коришунов Г.И.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);  
*Мельник В.В.*, д-р техн. наук (Национальный иссле-  
довательский технологический университет  
(МИСиС), г. Москва);  
*Мерзляков В.Г.*, д-р техн. наук (Московский  
политехнический университет, г. Москва);  
*Моркун В.С.*, д-р техн. наук (Криворожский  
национальный университет, Украина, г. Кривой Рог);  
*Протосеня А.Г.*, д-р техн. наук (Санкт-  
Петербургский горный университет, г. Санкт-  
Петербург);

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-75993 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 41408 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим специальностям: 25.00.00 - Науки о Земле; 05.06.00 - Безопасность деятельности человека.

Сборник зарегистрирован в системе "Web of Science".



На территории бывшего СССР площадь соляных залежей превышает 2,3 млн км<sup>2</sup>, из них наиболее крупными территориями развития отложений каменной соли является Ангаро-Ленский краевой прогиб (более 0,6 млн км<sup>2</sup>), а также Прикаспийская синеклиза и Предуральский краевой прогиб (более 0,3 млн км<sup>2</sup>) [3].

Месторождения калийных солей всегда расположены внутри обширных соленосных бассейнов и резко подчиняются им в количественном отношении. Они обнаружены в пределах всех континентов за исключением Антарктиды и расположены во всех природно-климатических зонах.

### **1. Характеристика калийной отрасли**

Численность населения Земли неуклонно растет. По прогнозам ООН, к 2050 году на планете будет более 9,7 млрд человек, сейчас – примерно 7,9 млрд, т.е. за 28 лет население Земли увеличится на 1,8 млрд.

Чтобы обеспечить такое количество людей продовольствием, нужно наращивать сельскохозяйственное производство, а для этого необходимо использовать еще больше удобрений. К настоящему времени с использованием удобрений производится уже больше половины всех продуктов питания, особенно в высокоразвитых странах.

Таким образом, чтобы обеспечить население продуктами питания, необходимо увеличить производство удобрений. Однако это не так просто. Мировой рынок удобрений столкнулся с дефицитом в прошлом году, еще до ситуации на Украине. Одной из причин явились сбои в цепочке поставок и роста цен на природный газ. В этом году ситуация стала еще сложнее.

Большинство стран не имеют собственных запасов калия и уже сейчас 25,9 % (почти 2 млрд человек) населения Земли испытывают проблемы с продуктами питания. Каждый год количество голодающих на Земле увеличивается на 10 млн.

Калийная отрасль одна из самых консолидированных в мире, три страны (Канада, Россия и Беларусь) владеют по разным данным от 83,3 до 90,9 % всех мировых запасов калийных солей.

Калийные удобрения более эффективно влияют на величину урожая и его количество, если их применять в комплексе с азотными и фосфорными удобрениями. В этой связи, конкурентное преимущество имеют компании, выпускающие сложные минеральные удобрения. Интерес к разработке месторождений калийных руд проявляют основные производители сложных минеральных удобрений – АО «МХК «ЕвроХим» и ПАО «Акрон».

За последние 50 лет мировой рынок минеральных удобрений увеличился в 5 раз, и его объем составляет более 70 млрд долларов. Это обусловлено ростом населения Земли, сокращением посевных площадей, проницанием сельскохозяйственной продукции на рынок энергоресурсов.

Мировые цены на хлористый калий стремительно растут. По данным консалтинговой компании CRU, в Бразилии цены последний год выросли до 1100 долларов за тонну. В Европе удобрения подорожали до 875 долларов за тонну.

Единица запасов калийного сырья, необходимых для производства одной тонны хлоркалия, оценивается в 1...6 долларов. Даже верхний предел в шесть долларов в 40 – 45 раз меньше нынешних экспортных цен на конечную продукцию, в то время как, например, в нефтяной отрасли за ресурсы платят 1/7 – 1/10 часть стоимости от цены товарного продукта.

Основными факторами, определяющими экономическую эффективность разработки месторождений, являются горно-технические и природно-климатические условия. Рассмотрим их более детально.

## **2. Горно-геологические условия разработки калийных месторождений**

При освоении новых месторождений, кроме экономических, существуют и определенные технические трудности. Так, выполненный авторами анализ сложности горно-геологических условий разработки новых месторождений свидетельствует об их ухудшении. Исключение составляют только условия разработки месторождения Корат, располагаемого на территории Тайланда и Лаоса. Однако, и они не очень просты, так как калийные залежи содержат значительные количества карналлита с неясными перспективами его добычи.

Согласно классификации категорий сложности разработки рудников, принятой для условий Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Пермский край, Россия) и включающей такие показатели как глубина залегания продуктивных пластов, мощность водозащитной толщи, складчатость пластов и др., категории сложности новых месторождений или новых участков уже разрабатываемых месторождений, самые высокие – VI–VII и выше. Рабочие пласты месторождений России (Гремячинское), Беларуси (Петриковское, Нежинское), Казахстана (Жилинское и Сатимола), Германии (Ганноверское), США (Карсбадское и Кайн-Крик), не говоря уже о месторождениях Канады (Саскачеванское), располагаются на глубинах до километра и глубже (табл. 1). Огромные залежи калийных руд в районе штатов Монтана и Северная Дакота (США) и в провинции Саскачеван (Канада) залегают на глубинах от 1800 до 3100 м.

Обобщенные характеристики основных калийных месторождений (по странам) приведены в табл. 2.

Выполненный авторами анализ данных по глубинам разработки калийных пластов во временной динамике свидетельствует о значительном увеличении их глубины разработки, что, несомненно, вызовет появление целого ряда горно-технических сложностей (рис. 2).

Таблица 1

**Горно-геологические условия разработки продуктивных пластов  
калийных месторождений**

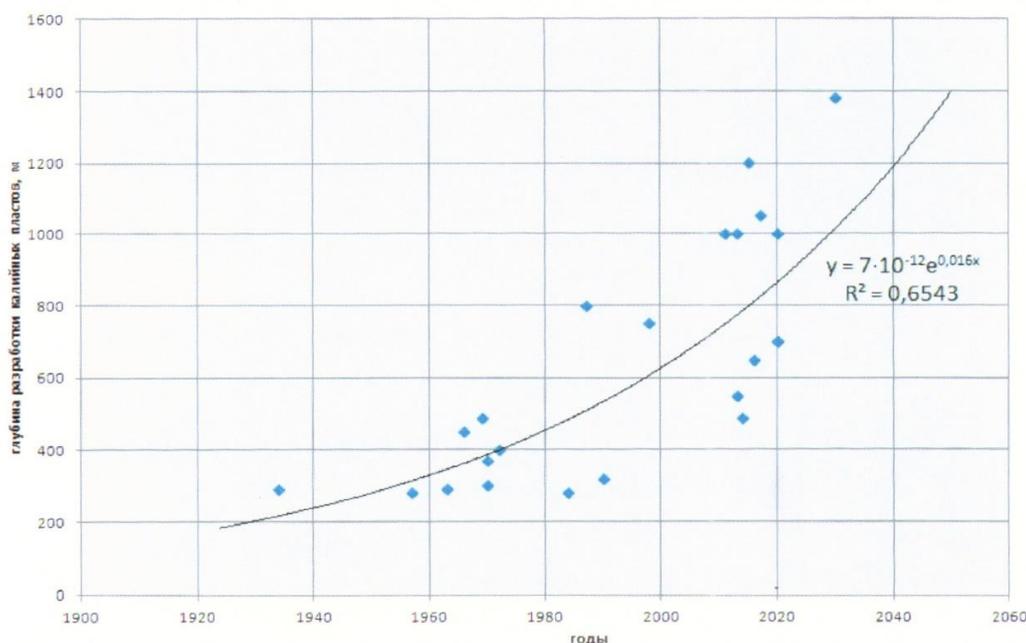
Страна	Месторождение, участок	Мощность рабочих горизонтов, м		Глубина залегания, м	Содержание К <sub>2</sub> O (KCl) в пластах, %	Угол падения %	Категория сложности
Беларусь	Старобинское	I гор-т	2,0-7,0	350...620	10,0...14,8	пологое	III-VII
		II гор-т	1,0-4,4				
		III гор-т	2,0-7,0	370...1200	13,8...22,4		
		IV гор-т	25-35,0	600...1335	9,4...12,5		
	Старобинское, Березовский	–	–	450...720	–	–	IV
	Старобинское, Нежинский	–	–	520...1100	16,9	–	VII
	Петриковское	1,3...22,0	–	510...1500	10,3...31,9	5...20	VII
	Копаткевичское	–	–	550...1250	10,0...34,4	–	VII
Германия	Ганноверское	1,5...35,0	–	350...1100	12,0...40,0	крутое	VI
Испания	Каталонское	2,0...10,0	–	460...1500	15,0...18,0	крутое	VI
Казахстан	Жилинское	10,0...37,0	–	400...700	19,0...21,0, KCl – 19-28	30...70	VI
	Сатимола	–	–	405...1025	KCl – 10,5-2,5	–	VI
Канада	Саскачеванское	1,8...4,0	–	600...2700	25,0...30,0	пологое	VII
Россия	Верхнекамское	пл. АБ	2,1 - 3,7	140...420	20,5...26,3	пологое	I-VII
		пл. КР II	4,5 - 6,4		14,1...24,0		
	Гремячинское	–	–	1200	KCl – 35...41	–	VII
США	Карлсбадское	1,5...4,0	–	–	15,...30,0	–	IV
	Кайн-Крик	–	–	250...950	25,0	–	VI
Туркменистан	Гарлыкское	3,5...6,0	–	300...1000	13,0...23,0	–	VII
Узбекистан	Тюбегатанское	5,2	–	220...800	32,0, KCl – 15,5...50,5	0...21	IV
Украина	Калуш-Голыньское	2,5...40,0	–	100...1100	10,7	10...65	IV
	Стебниковское	4,0...70,0	–	180...1000	KCl – 17,5...19	45...80	IV

**Таблица 2**

**Сравнительные геологические и горно-технические параметры разработки калийных месторождений**

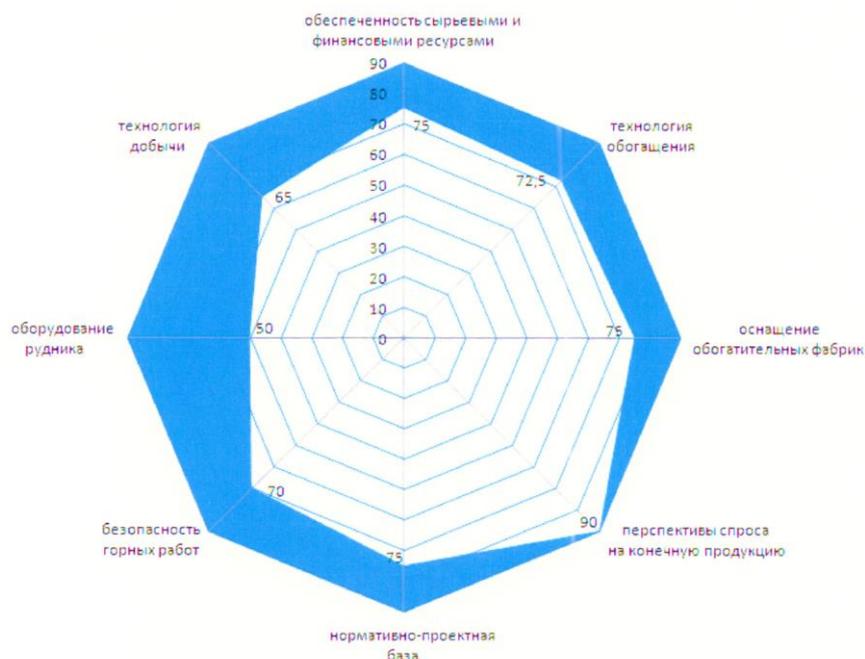
Показатели	Россия	Беларусь	Канада	Германия
Промышленные запасы калийных руд, млн. т K <sub>2</sub> O	3200*	790	4100	1600
Содержание K <sub>2</sub> O, %	14,0...28,0	16,5...21,0	21,0...32,0	12,0...15,0
Нерастворимый остаток Н.О., %	1,0...7,5	4,0...8,0	1,0...5,0	1,0...1,2
Фактическая глубина пластов (на действующих рудниках), м	200...400	400...800	960...1100	420...800
Количество разрабатываемых пластов	23	2	2	2
Суммарная мощность обрабатываемых пластов, м	8,0...10,0	3,0...6,0	2,4...5,3	2,0...4,0

Прим.: \*Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (Пермский край)



**Рис. 2. Изменение глубины разработки калийных пластов по годам пуска рудников**

На основании опроса 38 специалистов в области калийного производства (ПАО «Уралкалий», ОАО «Галургия», горно-нефтяной факультет ПНИПУ, Горный институт УрО РАН и др.) составлена матрица состояния различных направлений функционирования калийных предприятий (рис. 3).



**Рис. 3. Экспертная оценка состояния различных направлений функционирования калийных предприятий**

Экспертам предлагалось оценить состояние различных сторон деятельности предприятий калийной отрасли в процентах от 0 до 100. За базу взята максимальная оценка одного из направлений – «перспективы спроса на конечную продукцию» – оцененную экспертами в 90 %. Сектор «недоработок» до базы был выделен темным цветом по всем направлениям.

Самую низкую оценку получили позиции: «оборудование рудника» (50 %) и «технология добычи» (65 %). Чуть лучше положение с «безопасностью горных работ» (70 %), что вероятнее всего связано с двумя предыдущими позициями, а также – «технология обогащения» (72,5 %).

Естественно, эта экспертная оценка не является абсолютно надежной, но позволяет сделать определенные выводы.

### **3. Природно-климатические условия разработки калийных месторождений**

Разработка легкорастворимых калийных солей связана со значительными экологическими рисками. Основными причинами этого является крайне высокая растворимость образующихся отходов, наличие в них значительных концентраций микрокомпонентов и битумоидов, присутствие нерастворимых или малорастворимых компонентов (алюмосиликаты, карбонаты, гипс, ангидрит и др.), которые при обогащении образуют глинисто-солевые шламы.

Месторождения в зависимости от содержания сульфатных пород могут быть хлоридные, сульфатные или смешанные. По оценочным дан-

ным, запасы калийных солей составляют около 0,01 % суммы запасов вмещающей их каменной. Парагенетически обусловленное совместное залегание хлоридов калия и натрия приводит к тому, что два этих компонента приходится совместно извлекать из недр. В результате этого добыча калийных солей и процесс обогащения руды сопровождается значительным количеством отходов (свыше 70 % от объема добываемой руды) с высоким содержанием в них водорастворимых солей. После начала интенсивной добычи калийных солей в 20...30 годы прошлого века сложилась парадоксальная ситуация. Основным отходом является галит, ранее, со времен неолита, являющийся достаточно востребованным сырьем.

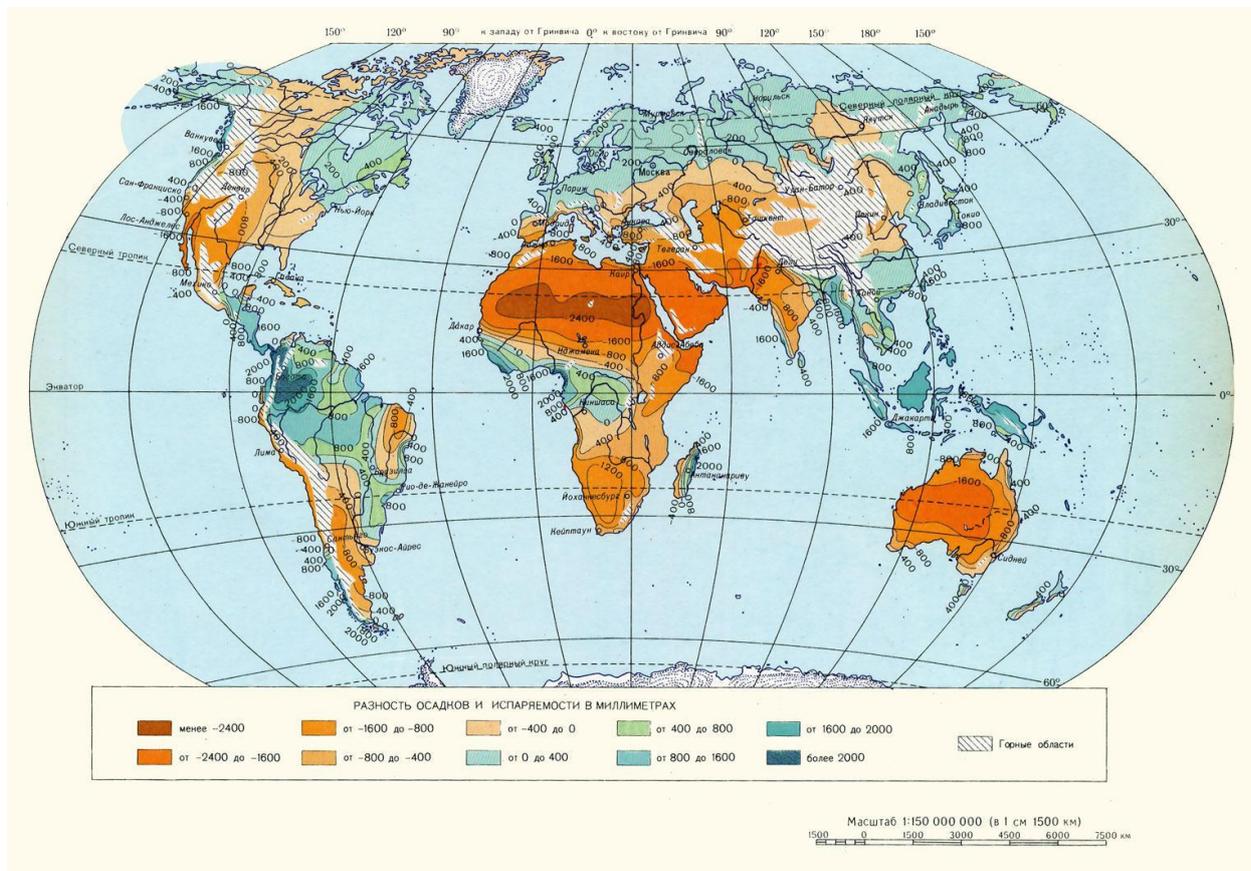
Отходы, образующиеся при добыче и обогащении ввиду высокой растворимости обладают высокой миграционной способностью и являются источником загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, оказывают негативное воздействие на биотические компоненты и человека. Подвижность загрязнителей во многом зависит от природно-климатических условий, в которых находится месторождение. Основными факторами является количество осадков и температура. Гумидный климат с преобладанием атмосферных осадков над испаряемостью, с густой гидрографической сетью, способствует интенсивному распространению растворимых компонентов, переносу их на значительные расстояния. Аридный климат, в котором величина испаряемости превышает количество выпадающих в течение года атмосферных осадков, существенно замедляет миграцию. Растворимые компоненты в значительной степени локализуются на испарительном геохимическом барьере вблизи источника загрязнения. Гидрографическая сеть в таких районах, как правило, не развита, то есть транзит загрязнителей поверхностными водотоками ограничен. Для этих районов характерны галофиты – растения, произрастающие на сильно засоленных почвах, и техногенное засоление в меньшей степени сказывается на них. Распределение гумидных и аридных зон на Земном шаре показано на рис. 4.

Температурный фактор влияет на растворимость хлорида натрия. При температуре 0 °С она составляет 357 г/л, а при 40 °С – 364 г/л, то есть разница составляет 13 г/л. Если учесть, что норматив по содержанию иона хлора в питьевой воде составляет в разных странах 0,25...0,35 г/л, то эта величина представляется весьма значительной.

Таким образом, при экономической оценке затрат на разработку калийных месторождений необходимо учитывать, что стоимость природоохранных мероприятий имеет связь с природно-климатическими факторами.

В зонах с гумидным климатом и особенно с увеличением температуры приповерхностной гидросферы затраты на сдерживание техногенных потоков загрязняющих веществ будут значительно больше, учитывая как увеличение количества загрязнителей, так и ареалов распространения. В

аридных зонах масштабы воздействия на окружающую среду будут меньше.



**Рис. 4. Распределение гумидных и аридных зон на Земном шаре**

Стоит отметить, что влияние климатических факторов на карстообразование в каменной соли, залегающей выше базиса дренажа, весьма велико, а ниже его – весьма мало или отсутствует полностью. При залегании массива каменной соли выше базиса дренажа это влияние сказывается главным образом на скорости протекания карстовых процессов, которая в решающей мере определяется количеством и характером выпадения атмосферных осадков, т.е. зональным географическим фактором. Этим объясняется почти полное отсутствие выходов соляных тел на дневную поверхность в гумидных климатических зонах, где они быстро разрушаются, и наличие значительного их количества в аридных.

Рельеф местности и дорожная сеть также являются важными факторами. Безусловно, на себестоимость хлористого калия влияет и удаленность рудоуправлений до ближайших экспортных терминалов (табл. 3).

**Таблица 3**

**Расположение производств хлористого калия по отношению к экспортным терминалам**

Страна	Место производства	Порт	Расстояние, км
Великобритания	Boulby	Тиспорт	35
Испания	Suria/Llobregat	Барселона	70
Канада	Sussex Saskatchewan	СентДжон Ванкувер	85 1700
Израиль	Sodom	Эйлат	110
Иордания	Safi	Акаба	170
Германия	Sigmundshall Zielitz	Гамбург	170
		Гамбург	260
США	Carlsbad	Хьюстон	1350
Беларусь	Солигорск Солигорск	Вентспилс	875
		Николаев	1400
Россия	Соликамск	Вентспилс	2780
	Соликамск	Николаев	3200
	Соликамск	Восточный	8190
	Березники	Санкт-Петербург	2020

#### 4. Перспективы развития калийной отрасли в Средней Азии

В последние годы в страны Средней Азии наметился интерес к разработке собственных калийных месторождений. Аридный климат, характерный для данной территории, благоприятен с точки зрения потенциального засоления окружающей среды, поэтому с этой точки зрения экологическая нагрузка в данном регионе при разработке калийных месторождений будет менее выражены.

Суммарные выявленные запасы среднеазиатских калийных солей – до 4,2 млрд тонн. Геологические запасы, по оптимистической оценке, всего бассейна определяются в 30...40 млрд тонн.

Остановимся на основных характеристиках уже разрабатывающихся (Гарлыкское, Тюбегатанское) и подготовленных к отработке калийных месторождений стран Средней Азии.

##### **Гарлыкское месторождение (Туркменистан)**

Месторождение расположено в Лебапском велаяте Туркменистана. В тектоническом плане территория относится к эпиплатформенной орогенной области [5] и, согласно выделенным мегатипам обстановок кар-

стообразования, принадлежит к орогенам с быстрыми неоген-четвертичными поднятиями субтропического климатического пояса [6].

Месторождение в горно-геологическом плане очень сложное, имеется большое число водоносных горизонтов. Подземные воды на площади месторождения отличаются минерализацией 2–10 г/л (7,26). Качество руды – среднее (КС1 – 23...26 %) с большим количеством примесей (нерастворимый остаток – 4...4,5 %,  $MgCl_2$  – 1...4 %).

Согласно районированию [7], месторождение расположено в районе развития карста, где растворимыми породами являются верхнеюрские известняки, гипсоангидриты, каменные и калийные соли. Здесь развиты поверхностный, подземный и глубинный виды карста, которые в некоторых районах достигают высокой интенсивности [8, 9]. Характерным примером являются останцы у села Ходжаифил. Девять останцов, сложенные гипсами гаурдакской свиты, тянутся на 4 км. На останцах встречаются провальные воронки, овраги, рвы, трещины, колодцы, шахты, пещеры, карстовые источники, плотность и густота которых различна. Наибольшая закарстованность наблюдается в останцах с высокими относительными отметками [7].

В районе развиты преимущественно гипсовый и соляной виды карста, являющиеся наиболее опасными из-за высокой растворимости этих пород, а также глубинный карбонатный. Карст оказывает комплексное влияние на все компоненты природного ландшафта и хозяйственную деятельность человека [10]. При разработке месторождения необходимо учитывать возможность активизации карстовых процессов.

При строительстве Гарлыкского ГОКа возник ряд проблем. Стоимость контракта составлял 1,126 млрд долларов. Помимо срыва сроков строительства более чем на два года (вместо января 2015 г. предприятие было запущено 31 марта 2017 г.), Гарлыкский ГОК уже пять лет не может выйти на проектную мощность. Более того, по разным данным, оно вышло всего на несколько процентов проектной мощности. За семь месяцев 2019 г. было добыто 0,27 млн тонн руды при годовом плане 7,8 млн тонн или 6 % от плана. Ситуация не изменилась и на сегодняшний момент.

#### **Тюбегатанское месторождение (Узбекистан)**

Месторождение находится на территории Узбекистана (42 % площади распространения калийных солей) и Туркменистана (58 %). В узбекской части месторождения оно простирается на 14 км с юга на север при ширине до 4...5 км. Запасы категорий В+С<sub>1</sub> составляют 199 млн тонн, категории С<sub>2</sub> – 49,5 млн тонн при среднем содержании КС1 – 36 %.

Российскими специалистами был предложен целый ряд передовых технологических решений. Впервые в мире калийные пласты были вскрыты наклонными стволами, после проходки траншеями четвертичных отложений (до глубины 27...28 м), далее стволы проходились обычными калийными проходческо-добычными комбайнами «Урал-20Р» производства

Копейского машиностроительного завода (Челябинская область), главная вентиляторная установка была размещена под землей. Строительство наклонных шахтных стволов длиной по 2,2 км было осуществлено за 9 месяцев (вместо вертикальных стволов, которые бы строились 2...3 года).

Все это позволило построить рудник и выдать первые тонны калийной руды за беспрецедентно короткий срок – 2,5 года с начала строительства, вместо обычных 6...7 лет. Стоимость строительства рудника составила 34 % от мировых показателей.

#### **Жилинское калийно-полигалитовое месторождение (Казахстан)**

Особенностью месторождения является то, что 15 % запасов представлены сильвинитами (содержание KCl от 19 до 28 %), остальные 85 % – полигалитами.

Учитывая преимущественно полигалитовой состав пород и возможность получения дефицитных сульфатных калийных удобрений, Жилинский ГОК, по мнению авторов, мог иметь серьезные преимущества перед другими производителями калийных удобрений. Сульфатные калийные удобрения больше всего подходят для сельскохозяйственных культур Юго-Восточной Азии, страны которой являются основными потребителями калийных удобрений в мире.

Все основные идеи и наработки по этому месторождению, заложенные впоследствии в базовый проект, принадлежат российским, украинским и казахстанским специалистам. Это касается способа и устройств для подземной разработки мощных крутопадающих залежей калийных руд, способа проветривания выемочных участков, способа получения сульфата калия из полигалитовой руды и др.

#### **Горно-калийное месторождения Сатимола (Казахстан)**

Соляная залежь Сатимола имеет размеры 37 на 10 км. Прогнозируемые запасы боратов и хлористого калия, утвержденные ГКЗ СССР в 1974 г., составляют  $B_2O_3$  – 90,6 млн тонн, KCl – 637,1 млн тонн.

Месторождение очень сложного строения – купольно-прорывного типа, состоящее из свиты крутопадающих пластов. Глубина залегания продуктивных пластов – 405...1025 м, мощность – 0,7...35,0 м, содержание KCl невысокое – 10,5...22,5 %.

Планируемая производительность рудника по добычи калийной руды – 11...13 млн тонн, боратовой руды – 2...3 млн тонн, производство калийных удобрений – 3 млн тонн, боратового концентрата – 0,5 млн тонн.

Для расширения продуктовой линейки калийным организациям следует обратить внимание на полигалитовые месторождения и месторождения смешанных солей.

#### **Заключение**

Спрос на калийные удобрения в связи с ростом численности населения Земли, уменьшением пахотных земель и использованием сельскохо-

зайственных культур в энергетике будет расти. Уже в текущем году объем производства достигнет 70...71 млн тонн.

Основными факторами, определяющими экономическую эффективность разработки калийных месторождений, являются горно-технические условия и природно-климатические факторы. С каждым годом горно-технические условия разработки калийных месторождений будут усложняться, ввиду того, что с увеличением спроса на хлористый калий возникает необходимость освоения месторождений с трудно извлекаемыми запасами. Это потребует дополнительных научных обоснований и более крупных материальных вложений в производство удобрений. Стоимость разработки имеет связь с природно-климатическими факторами. В зонах с гумидным по сравнению с аридным климатом она будет дороже, поскольку здесь необходимы значительные затраты на природоохранные мероприятия для снижения водной миграции солей в окружающей среде.

Для повышения эффективности производства крупным предприятиям целесообразно больше уделять внимание сложным минеральным удобрениям. В этой связи интерес представляют полигалитовые месторождения и месторождения смешанных солей.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Пермского научно-образовательного центра «Рациональное недропользование», 2021 г.*

### Список литературы

1. Беленицкая Г.А. Тектонические аспекты пространственного и временного распределения соленосных бассейнов мира // Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time. 2013. Vol. 4. Issue 1.
2. Беленицкая Г.А. Соли в земной коре: распространение и кинематическая история // Литосфера. 2017. Том 17. № 3. С. 5–28.
3. Короткевич Г. В. Соляной карст. Л.: Недра, 1970, 256 с.
4. Беленицкая Г.А. Минерагенция соленосных бассейнов мира. Соленосные осадочные бассейны континентов // Планета Земля. Энциклопедический справочник / Гл. ред. Л.И. Красный. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. Кн. 1. С. 165–189.
5. Седлецкий В. И. Новые данные по тектонике Гаурдак-Кугитангского района // Тр. гос. производ.-геол. комп. ТССР. Ашхабад: Изд-во «Илым», 1964. Вып. 2.
6. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. Типы обстановок карстообразования на территории СССР // Инженерная геология. 1988. № 4. С. 93–97.
7. Ротко М.А., Тиунов К.В., Федин В.П. Карст Туркмении. Ашхабад: Туркмен. политехн. ин-т., 1980. 49 с.
8. Абдужабаров М.А., Султанов З.С. Останцы Ходжаифила – участ-

ки интенсивного развития современного карста в гипсах низкогорий Кугитангтау // Сб. науч. тр. науч.-практ. конф. «Карст мраморов, доломитов, рифов, известковых туфов и галогенных отложений». Пермь. 1978. С. 41–42.

9. Ходжакулиев А. Р. Карст Гаурдак-Кугитангского района // Сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Карст Средней Азии и горных стран». Ташкент, 1979. С. 18–20.

10. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Карст района Гарлыкского месторождения калийных солей (Туркменистан) // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. Вып. 2(31). С. 64–71. DOI:10.17072/psu.geol.31.64.

*Земсков Александр Анатольевич, д-р техн. наук, ген. директор, [permzem28@mail.ru](mailto:permzem28@mail.ru), Россия, Пермь, ООО «Зарубежшахтострой»,*

*Максимович Николай Георгиевич, канд. геол.-мин. наук, доц., зам. директора, [nmax@psu.ru](mailto:nmax@psu.ru), Россия, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*Мещерякова Ольга Юрьевна, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотр., [olgam.psu@gmail.com](mailto:olgam.psu@gmail.com), Россия, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет*

#### *MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF POTASSIUM INDUSTRY IN THE WORLD*

*A.N. Zemskov, N. G. Maksimovich, O. Yu. Meshcheryakova*

*The article gives a description of the potash industry in the world, considers the main factors (natural-climatic and mining-geological) that determine the economic efficiency of field development, provides a description of the main potash deposits in Central Asia, and also gives an expert assessment of the state of various areas of functioning of potash enterprises.*

*Key words: potash industry, saline basins, potash deposits.*

*Zemskov Alexander Anatolievich, doctor of technical sciences, director, [permzem28@mail.ru](mailto:permzem28@mail.ru), Russia, Perm, LLC “Zarubezhshakhtostroy”,*

*Maksimovich Nikolay Georgievich, candidate of geological sciences, associate professor, deputy. director, [nmax@psu.ru](mailto:nmax@psu.ru), Russia, Perm, Perm State National Research University,*

*Meshcheriakova Olga Yurevna, candidate of technical sciences, docent, senior researcher, [olgam.psu@gmail.com](mailto:olgam.psu@gmail.com), Russia, Perm, Perm State National Research University*

Reference

1. Belenitskaya G.A. Tectonic aspects of spatial and temporal distribution of the salt basins of the world // Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time. 2013. Vol. 4. Issue 1.
2. Belenitskaya G.A. Salts in the Earth's crust: distribution and kinematic history // Lithosphere. 2017. Volume 17. No. 3. pp. 5-28.
3. Korotkevich G. V. Salt karst. L., "Nedra", 1970, 256 p.
4. Belenitskaya G.A. Minerageny of the saline basins of the world. Co-axial sedimentary basins of continents // Planet Earth. Encyclopedic reference book / Editor-in-chief L.I. Krasny. T. "Mineragenia". St. Petersburg., VSEGEI Publishing House. 2008. Book 1. pp. 165-189.
5. Sedletsky V. I. New data on the tectonics of the Gaurdak-Kugitang district // Tr. state production. geol. com. TSR. 1964. Issue 2. Ashgabat: Publishing house "Ilym".
6. Gorbunova K.A., Maksimovich N.G. Types of karst formation environments on the territory of the USSR // Engineering geology. 1988. No. 4. pp. 93-97.
7. Rothko M.A., Tiunov K.V., Fedin V.P. Karst of Turkmenistan / Turk-men. polytech. in-T. Ashgabat, 1980. 49 p .
8. Abduzhabarov M.A., Sultanov Z.S. The remains of Khodjaifila – areas of intensive development of modern karst in gypsum of the low mountains of Kugitangtau // Sb. nauch. tr. nauch.-prakt. conf. Karst of marbles, dolomites, reefs, calcareous tuffs and halogen deposits: Perm, 1978. pp. 41-42.
9. Khodzhakuliyev A. R. Karst of Gaurdak-Kugitangsky district // Sb. nauch. tr. vsesoyuz. sci.-tech. advice. Karst of Central Asia and mountainous countries: Tashkent, 1979. pp. 18-20.
10. Maksimovich N.G., Meshcheryakova O.Yu. Karst of the Garlyk deposit of potash salts (Turkmenistan) // Bulletin of the Perm University. Geology. 2016. Issue 2(31). pp. 64-71. DOI: 10.17072/psu.geol.31.64.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

<i>Антонов В. А.</i> Информативность моделей деформационной интерпретации горизонтальных перемещений наблюдательных пунктов земной поверхности.....	3
<i>Агаев Т.Д.</i> Роль устойчивого состояния атмосферы в формировании облаков нижнего яруса над Каспийским морем.....	13
<i>Батанина И.А. , Бродовская Е.В. , Лукушин В.А. , Давыдова М.А.</i> Информационные потоки противников вакцинации: особенности масштаба, репертуара и структуры движения «Антиваксеров» в российском сегменте социальных медиа.....	24
<i>Михайлов В.Г., Хорешок А.А.</i> Совершенствование механизмов обеспечения геоэкологической безопасности в области обращения с отходами.....	40
<i>Обиджони Ш.К.</i> Гидрохимические свойства и состав воды Нурекского водохранилища.....	54

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Земсков А.Н., Лискова М.Ю.</i> Роль средств индивидуальной защиты работников в обеспечении безопасных условий труда на горнодобывающих предприятиях.....	61
<i>Морозов Н.Н., Нурмагомедов Т.Н.</i> Методы защиты электронных систем от ионизирующих излучений высокой интенсивности.....	70

### ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Валиев Н.Г., Эфендиева З.Дж., Османлы Т.Р.</i> Исследование низкокачественных бентонитовых глин Азербайджана для производства керамзита.....	77
<i>Иванов О.В., Антуков В.Н., Тарасов В.В., Пестрикова В.С.</i> Особенности эксплуатации сопряжений в сложных горно-геологических условиях калийных рудников.....	93
<i>Галимьянов А.А., Соболев А.А.</i> Повышение эффективности процесса подготовки горной массы к выемке за счет применения новых параметров технологии буровзрывных работ.....	107

<i>Голик В.И., Кожиев Х.Х., Качурин Н.М., Шамрин М.Ю.</i> История и перспективы развития ресурсной базы.....	121
<i>Клюев Р.В., Босиков И.И., Гаврина О.А., Тилов А.И.</i> Статистическое исследование электропотребления карьера горно-металлургического комбината.....	133
<i>Криницын Р.В.</i> Влияние тектонического нарушения на вторичное поле напряжений горизонтальной выработки.....	146
<i>Овчинников Н.П., Зырянов И.В.</i> Пути устойчивого функционирования водоотливного хозяйства рудника «Удачный».....	161
<i>Соловьёв Г.И., Нефёдов В.Е., Малышева Н.Н.</i> Учёт угла падения пород при моделировании численным методом.....	171
<i>Стадник Д.А., Стадник Н.М., Лопушняк Е.В.</i> К вопросу разработки методических основ информационного моделирования горных предприятий.....	187
<i>Талалаева В. М.</i> Схемы и расчет параметров искусственных оснований фундаментов в гидроактивизированных грунтах.....	200
<i>Чебан А.Ю.</i> Технология ведения отвалообразования с применением усовершенствованного отвального перегружателя.....	210
<i>Шулюпин А. Н., Любин А. А., Варламова Н. Н.</i> Об управлении парлифтной добычей при разработке Мутновского геотермального месторождения (Камчатка).....	220
<i>Ногин С.А.</i> Методические вопросы обработки данных о процессе сдвижения на рудных месторождениях.....	234
<i>Еланцева Л. А., Фоменко С. В.</i> Повышение фильтрационной устойчивости бортов карьера им. В. Гриба.....	242

## ГЕОМЕХАНИКА

<i>Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю.</i> О фактических аэродинамических сопротивлениях горных выработок, полученных в ходе воздушно-депресссионных съёмов на угольных шахтах.....	251
--	-----

<i>Голик В.И.</i> К механохимической активации процессов утилизации хвостов обогащения железистых кварцитов.....	261
<i>Ермолович Е.А., Аникеев А.А., Ермолович О.В.</i> Прочностные и деформационные свойства полимерного состава для упрочнения искусственного массива.....	271
<i>Ермолович Е.А., Аникеев А.А., Ермолович О.В.</i> Способ упрочнения искусственного массива.....	277
<i>Жариков С.Н., Кутуев В.А.</i> О свойствах объекта разрушения и параметрах взрывной отбойки на карьерах.....	283
<i>Прокопов А.Ю., Должиков П.Н., Талалаева В.М.</i> Исследование деформирования разуплотненных обводненных грунтов при консолидации вязкопластичным раствором.....	290
<i>Прокопов А.Ю., Новосельцев А.В., Сычев И.В.</i> Анализ инженерно-геологических условий и оценка сейсмического воздействия на территорию перспективной застройки в зоне вероятного затопления на примере г. Феодосии.....	300
<i>Качурин А.Н., Шкуратский Д.Н., Рыбак В.Л.</i> Обоснование математических моделей газообмена угольных пластов с атмосферой очистных и подготовительных участков метанообильных шахт.....	317
<i>Стась Г.В., Шкуратский Д.Н., Качурин А.Н., Рыбак В.Л.</i> Математические модели миграции радона в угольных шахтах и прогноз выделения радона в рудничную атмосферу.....	323
<i>Шкуратский Д.Н., Качурин А.Н., Рыбак В.Л.</i> Закономерности движения воздуха в горных выработках калийных рудников.....	333
<b>ЭКОНОМИКА</b>	
<i>Еремин Н.А., Столяров В.Е., Черников А.Д., Басниева И.К.</i> Актуальные проблемы цифровизации производственных процессов в нефтегазовой отрасли.....	341
<i>Жуков Р.А., Козлова Н.О., Хлынин Э.В., Городничев С.В.</i> Экономико-математическое моделирование состояния и перспектив добычи полезных ископаемых в регионах ЦФО.....	354
<i>Земсков А.Н., Максимович Н. Г., Мещерякова О.Ю.</i> Современные тенденции в развитии калийной промышленности в мире.....	369

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 3**

Редактор Н.М. Качурин

*Компьютерная правка и верстка Г.В. Стась*

Учредитель:

ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97

Подписано в печать 12.09.22 Дата выхода в свет 26.09.22

Фотмат бумаги 70×100 1/8. Бумага офсетная

Усл. печ. л. 62,8.

Тираж 500 экз. Заказ 106

Цена свободная

Адрес редакции и издателя  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95  
Отпечатано в Издательстве ТулГУ  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95